

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01S 1/04, 1/02	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/47982 (43) Date de publication internationale: 18 décembre 1997, 18.12.97
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/00968 (22) Date de dépôt international: 3 juin 1997 (03.06.97) (30) Données relatives à la priorité: 96/07074 7 juin 1996 (07.06.96) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SEXTANT AVIONIQUE (FR/FR); Aéroport de Villacoublay, F-78140 Vélizy Villacoublay (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): ARETHENS, Jean-Pierre (FR/FR); Thomson-CSF S.C.P.I., 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). (74) Mandataire: THOMSON-CSF S.C.P.I., 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).		(81) Etats désignés: CA, RU, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: **SATELLITE SIGNAL RECEIVER WITH DETECTOR OF INCOHERENCE BETWEEN CODE PHASE AND CARRIER FREQUENCY MEASUREMENTS**

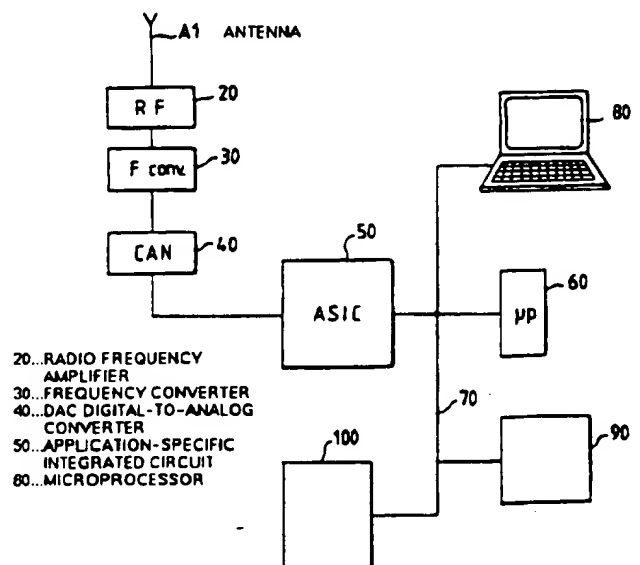
(54) Titre: **RECEPTEUR DE SIGNAUX DE SATELLITES AVEC DETECTEUR D'INCOHERENCE ENTRE MESURES PHASE DE CODE ET DE PORTEUSE**

(57) Abstract

The invention concerns GPS receivers, in particular those located on fixed ground stations and used in differential systems for measuring position. To eliminate as far as possible multiple traverse influence on the precision of the measured position, it is proposed to detect if the position measurements are coherent with the speed measurements, the coherence being measured by the difference variations $V_i \cdot dPRC/dt$, where V_i is the relative speed measured on the axis of the i^{th} satellite, and $dPRC/dt$ is the variation with time of the measured position. If the coherence is not sufficient, the position variations do not correspond to the measured speed, it can be considered that the measurement on this satellite is erroneous, and this satellite is eliminated. In the presence of multiple traverse, the above difference must be seen to vary periodically. This variation detection can be done by a Fourier transform on a sufficient number of samples.

(57) Abrégé

L'invention concerne les récepteurs GPS, notamment ceux qui sont situés sur des stations fixes au sol et servent dans des systèmes différentiels de mesure de position. Pour éliminer autant que possible l'influence des multitrajets sur la précision de la position mesurée, on propose selon l'invention de détecter si les mesures de position sont cohérentes avec les mesures de vitesse, la cohérence étant mesurée par les variations de la différence $V_i \cdot dPRC/dt$, où V_i est la vitesse relative mesurée selon l'axe du $i^{ème}$ satellite, et $dPRC/dt$ est la variation temporelle de position mesurée. Si la cohérence n'est pas suffisante, les variations de position ne correspondent pas à la vitesse mesurée, on peut considérer que la mesure sur ce satellite est entachée d'erreur, et on élimine ce satellite. En présence de multitrajets on doit voir la différence ci-dessus varier périodiquement. La détection de cette variation peut se faire par une transformée de Fourier sur un nombre d'échantillons de mesure suffisant.



**RECEPTEUR DE SIGNAUX DE SATELLITES
AVEC DETECTEUR D'INCOHERENCE ENTRE
MESURES PHASE DE CODE ET DE PORTEUSE**

5 L'invention concerne les récepteurs de positionnement par satellite tels que les récepteurs GPS (Global Positioning System).

Le système GPS utilise une constellation de satellites qui tournent autour de la terre sur des orbites très précisément déterminées, c'est-à-dire qu'on peut connaître à tout instant la position d'un satellite quelconque. Les
10 satellites émettent des signaux radiofréquence contenant des données de navigation et des codes qui permettent d'identifier chaque satellite. Ces codes modulent en phase une fréquence porteuse. Un récepteur GPS, au sol ou sur un véhicule terrestre, aérien ou maritime, peut recevoir les signaux de plusieurs satellites simultanément, calculer précisément sa
15 distance à chacun des satellites, et en déduire sa position précise en latitude, longitude, et altitude, dans un repère terrestre. Il peut en déduire aussi la date et l'heure précise de la réception dans le repère temporel du système GPS. Il peut enfin en déduire, par des mesures Doppler, son propre vecteur vitesse dans le repère terrestre (cas d'un récepteur monté sur un
20 véhicule mobile).

Dans le système GPS, chaque satellite est identifié par un code pseudo-aléatoire qui lui est propre et qui module de manière répétitive (toutes les millisecondes par exemple) une fréquence porteuse émise par le satellite. Il existe des systèmes voisins du GPS, notamment le système
25 GLONASS, dans lequel ce code pseudo-aléatoire existe également bien qu'il ne serve pas à identifier un satellite individuel. L'invention qui va être décrite est applicable directement au système GLONASS mais pour plus de simplicité on ne se référera dans la suite qu'au système GPS, et plus précisément à la partie "civile" du système GPS, lequel comporte aussi une
30 partie militaire à laquelle l'invention est également applicable.

Le code pseudo-aléatoire est un code long (1023 bits à 1,023 MHz, soit 1 milliseconde), et une de ses fonctions principales est de permettre l'extraction du signal du satellite dans un niveau de bruit beaucoup plus élevé (30 dB par exemple) que le niveau du signal. Cette
35 technique est maintenant bien connue sous le nom d'émission à étalement

satellites. Et, par changement de coordonnées, on obtient la position du récepteur dans un repère terrestre fixe.

De même, la vitesse du récepteur est calculée à partir d'une mesure d'effet Doppler sur la fréquence porteuse du signal radiofréquence envoyé par les satellites. On peut donc calculer la vitesse relative du récepteur par rapport à chacun des satellites, selon l'axe directeur qui relie ce satellite au récepteur. Quatre satellites sont nécessaires pour éliminer l'ambiguïté sur le temps. On obtient quatre vecteurs de vitesse relative différents, sur les axes directeurs reliant le récepteur aux quatre satellites. Des calculs simples permettent de déterminer la vitesse du récepteur selon trois axes dans le repère terrestre à partir de ces quatre vecteurs vitesse et des informations suivantes :

- les directions des axes directeurs récepteur-satellite par rapport à un repère terrestre fixe (longitude, latitude, altitude); ces directions sont obtenues elles-mêmes par la connaissance de la position du récepteur à un instant donné et la position de chaque satellite à ce même instant;
- les vitesses individuelles des satellites dans le repère terrestre à cet instant.

Si on utilise plus de quatre satellites, on obtient une information redondante. C'est le cas pour les récepteurs de qualité professionnelle utilisés notamment dans l'aéronautique. Cette information redondante permet d'éliminer des satellites qui fourniraient une information défectueuse. L'information est considérée comme défectueuse du fait qu'elle n'est pas cohérente avec l'ensemble des mesures effectuées.

Une absence de cohérence peut venir de plusieurs causes, par exemple de la présence de trajets multiples d'ondes radiofréquence entre le satellite et le récepteur. Ces trajets multiples existent notamment lorsque des bâtiments ou d'autres obstacles fixes engendrent des réflexions au voisinage du récepteur.

Un but de l'invention est d'éliminer au mieux l'influence des trajets multiples sur les mesures de position.

Si le récepteur reçoit d'une part une onde émise en vue directe par un satellite, la mesure de distance obtenue à partir de ce trajet direct donne une certaine valeur de distance entre le récepteur et le satellite. S'il reçoit une onde selon un trajet réfléchi, il obtient une mesure correspondant

et la mesure de vitesse, cette incohérence représentant une erreur probable de mesure de position.

En d'autre mots, si la distance mesurée selon un axe de satellite varie d'une manière qui ne correspond pas à la vitesse relative mesurée
5 entre le récepteur et le satellite selon ce même axe, on considère que les mesures sont entachées d'erreur, et, au delà d'un certain seuil d'incohérence, on exclut de la mesure le satellite qui est à l'origine de cette incohérence.

Le principe de l'invention est principalement destiné à être utilisé
10 sur une station de réception fixe réémettant des messages de correction destinés à d'autres récepteurs mobiles, mais on peut également envisager son application directe sur des récepteurs embarqués.

L'invention est applicable tout particulièrement dans les stations fixes de systèmes GPS différentiels destinés à être implantés à proximité
15 des aéroports pour faciliter l'atterrissage des avions.

Outre le procédé défini ci-dessus, l'invention porte sur un récepteur comportant les moyens de calcul spécifiques nécessaires à la mise en oeuvre de ce procédé.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels la figure unique représente la constitution générale d'un récepteur GPS dans lequel la présente invention peut être mise en oeuvre.

25

La figure 1 rappelle sommairement le principe général d'un récepteur GPS. Le récepteur comporte une partie radiofréquence, comprenant une antenne A1, un amplificateur radiofréquence 20 et divers circuits de filtrage associés, des circuits de conversion de fréquence 30, et
30 un convertisseur analogique-numérique 40. Le convertisseur permet de fournir des signaux numériques à relativement basse fréquence destinés à être traités dans un circuit de traitement de signal numérique 50. Ce circuit est contrôlé par un microprocesseur 60 et des logiciels de calcul et de contrôle associés.

35

Le microprocesseur 60 a deux fonctions :

et de pouvoir ensuite déterminer la position temporelle exacte des codes locaux ainsi asservis. Le code local est corrélé avec le code reçu du satellite; le signal de corrélation est calculé par le microprocesseur et sert à asservir la boucle pour amener le code local en synchronisme avec le code
5 reçu du satellite.

Les deux boucles d'asservissement, de code et de porteuse prennent en compte le décalage de fréquence doppler sur la fréquence porteuse et sur le code, résultant du déplacement relatif de l'avion et du satellite détecté. Ce décalage doppler est mesurable dans les boucles.

10 Les calculs de temps et de position GPS sont effectués à partir de l'état des boucles d'asservissement à un instant de mesure déterminé. A cet instant, on lit l'état exact de la phase des deux oscillateurs à contrôle numérique de phase.

Les boucles d'asservissement prévues dans le récepteur agissent
15 pour caler une fréquence locale sur la fréquence porteuse reçue des satellites. Le décalage entre cette fréquence locale et la fréquence stable et connue émise par les satellites donne une indication de décalage doppler donc de différence entre la vitesse du satellite et la vitesse du récepteur selon l'axe reliant le satellite au récepteur.

20 Par conséquent, à partir de mesures effectuées sur le code pseudo-aléatoire, on calcule une position dite "position résolue", dans le repère terrestre; et, à partir de mesures effectuées sur les fréquence de porteuse, on calcule une vitesse dans le repère terrestre.

On suppose dans ce qui suit que le récepteur est fixe et qu'il
25 calcule une correction de position PRC par rapport à sa propre position connue, pour l'envoyer aux récepteurs mobiles présents dans le voisinage. La correction de position est calculée selon chaque axe de satellite, PRC_i représentant la correction pour le satellite i , où i varie de 1 à n s'il y a n satellites.

30 Selon l'invention, on calcule la variation temporelle $dPRC_i/dt$ de la correction PRC_i . Et on compare cette variation temporelle à la vitesse V_i mesurée par effet Doppler selon le même axe de satellite i . La vitesse V_i représente la composante de vitesse du satellite i selon l'axe i puisque la station de réception est fixe et a donc une vitesse nulle.

vitesse et de position selon un axe. En présence d'une variation périodique, la mesure d'incohérence pourra être la mesure d'amplitude de la fréquence détectée.

- La moyenne calculée dans l'exemple décrit est obtenue à partir
- 5 d'une correction de position, mais bien entendu on peut calculer la même moyenne en partant de la distance PR_i entre récepteur et satellite et non de la correction de distance PRC_i . Dans le cas d'une station fixe au sol c'est de toutes façons la même chose.

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G01S1/04 G01S1/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 436 632 A (SHEYNBLAT LEN) 25 Juillet 1995 voir colonne 3, ligne 45 - colonne 4, ligne 16 voir colonne 4, ligne 49 - colonne 8, ligne 16	1
A	GB 2 295 063 A (CATERPILLAR INC) 15 Mai 1996 voir page 12, ligne 18 - page 23, ligne 3	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

31 Juillet 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12.08.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tél. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

D/L PINTA BALLE., L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 97/00968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 G01S1/04 G01S1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 5 436 632 A (SHEYNBLAT LEN) 25 July 1995 see column 3, line 45 - column 4, line 16 see column 4, line 49 - column 8, line 16 ---	1
A	GB 2 295 063 A (CATERPILLAR INC) 15 May 1996 see page 12, line 18 - page 23, line 3 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 July 1997

Date of mailing of the international search report

12. 08. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

D/L PINTA BALLE... L

de distance et la mesure de vitesse, cette incohérence représentant une erreur probable de mesure de position.